

lichte Durchmesser der Glasröhren bloß  $\frac{1}{10}$  desjenigen des Gefäßes beträgt, daher der Querschnitt des letzteren hundertmal so groß ist als jener des Glasrohres, so wird jede Bewegung des Kolbens eine hundertfach größere Bewegung in dem Glasrohre hervorrufen. Mittels der Mikrometerschraube kann bei Beginn der Beobachtung die Quecksilbersäule auf 0 gestellt werden. Zur Korrektur der durch Temperaturschwankungen hervorgerufenen Änderung im Stande der Quecksilbersäule ist an der Rückseite des Skalabrettes ein kleines Thermometer angebracht.

Die Preßstempel haben einen Querschnitt von 5, 10, 15 und 20  $cm^2$  und die Belastungsplatten ein Gewicht von je 10  $kg$ , so daß aus der Anzahl der aufgelegten Platten die Belastung pro  $cm^2$  Baugrund sofort bestimmt werden kann.

Zur Durchführung der Belastungsversuche werden die Belastungsplatten nacheinander auf die Unterlagsplatte aufgelegt, bei jeder Platte wird die Veränderung der Quecksilbersäule unter Berücksichtigung etwa eingetretener Temperaturschwankungen beobachtet. Verzeichnet man die erzielten Beobachtungsergebnisse in ein Diagramm (Fig. 20 a, T. 19), so ergibt jene Stelle desselben, an der die Proportionalität in der Einsenkung verschwindet, wo also die Anstiegslinie von einer Geraden  $a b$ , in eine Kurve  $b c$  übergeht (also hier der Punkt  $b$ ), die größte zulässige Belastung, welche im vorliegenden Falle 6·5  $kg$  pro  $cm^2$  beträgt. Die hierbei eintretende Setzung ist 2·3  $mm$ .

Von der ermittelten, größten zulässigen Belastung per 6·5  $kg$  pro  $cm^2$  dürfen aber nur 70—75%, d. i. 4·55—4·87  $kg$  wirklich in Rechnung gezogen werden.

Der Anwendung der angeführten Apparate muß immer die übliche Sondierung und Untersuchung des Baugrundes vorangehen; sie kann also diese Vorarbeiten nicht ersetzen, sondern sie soll dieselben nur ergänzen.

## E. Fundierungsarbeiten.

Die Art und Weise der Fundierung eines Bauobjektes kann je nach der Größe und dem Gewichte desselben sowie je nach der Beschaffenheit des Baugrundes eine sehr verschiedene sein.

### 1. Fundierung auf gutem Baugrunde.

Bei diesem kann das Fundamentmauerwerk ohne besondere Vorkehrungen direkt auf die Sohle des Fundamentgrabens aufgesetzt werden.

Selten wird man gleich unter der Humusschichte einen festen, tragfähigen Baugrund finden, man wird vielmehr erst durch Tiefergraben einen solchen suchen müssen.

Die Fundamentsohle der Außenmauern darf der zerstörenden Wirkung des Frostes nicht ausgesetzt sein, sie muß daher — ausgenommen bei wetterbeständigem Felsen — in die Frosttiefe, d. i. 0·70—1·20  $m$  tief gelegt oder durch eine dementsprechende Erdanschüttung geschützt werden.

Die Fundamentfläche eines Bauobjektes ist so groß zu machen, daß der durch die Last des Bauwerkes auf den Baugrund ausgeübte Druck nicht größer sei, als die zulässige Beanspruchung der betreffenden Bodengattung. Aus diesem Grunde wird meistens eine Verbreiterung der Mauern im Fundamente nötig sein, welche gewöhnlich 15  $cm$  unter dem Bauhorizonte (Kellersohle) in der Form einer nach einer oder nach beiden Seiten vorspringenden Stufe — dem sogenannten Fundamentabsatz — beginnt (Fig. 1 a und 3, T. 20).

Mauern, die längs einer Straße hinführen und in der Baulinie liegen, kann man unter dem Bauhorizont um 15  $cm$  über die Baulinie hinausreichen lassen (Mauerrecht). Man wird also in diesem Falle sowie bei allen Außenmauern die Verbreiterung für Kellermauern nach außen und die Fundamentverbreiterung nach innen anlegen (Fig. 1 b, T. 20). Steht aber die Außenmauer knapp an der Grenze

des Nachbargrundes (z. B. eine Feuermauer), so müssen beide Verbreiterungen nach innen verlegt werden. Bei Mittelmauern, Scheidemauern usw. kann die Verbreiterung auf beiden Seiten erfolgen (Fig. 1 c, T. 20). Ist eine größere Basis für Fundamente notwendig, so wird man mehrere Absätze anordnen (Fig. 2, T. 20). Die Höhe des verbreiterten Fundamentmauerwerkes muß mindestens, wie in der Figur angedeutet,  $\frac{1}{3}$  der Mauerdicke betragen, weil sonst leicht Trennungen im Mauerwerke eintreten könnten.

Auf horizontalem Boden und gleichartigem Baugrunde legt man die Fundamentsohle für das ganze Bauwerk in eine gleich tiefe horizontale Ebene. Bei geböschten Stütz- oder Futtermauern kann die Fundamentsohle auch senkrecht zur Böschungslinie, also geneigt angelegt werden.

Auf geneigtem Boden treppt man die Fundamente so ab, daß die Länge jeder Stufe mindestens die dreifache Höhe derselben beträgt, weil sonst die Stufe bei eintretender Belastung abgedrückt würde, daher das Bauwerk abrutschen könnte.

Wenn auf Fels- oder Steinboden fundiert werden muß, ist der Boden horizontal zu ebnen, eventuell in Stufen abzutreppen (Fig. 4, T. 20).

Die Tiefe der Fundamente ist derart festzusetzen, daß der tragfähige Baugrund und bei Außenmauern auch die Frosttiefe erreicht werde. Durch Aushebung zu tiefer Fundamente würden die tragende Bodenschichte geschwächt und die Fundamente unnütz verteuert werden.

## 2. Steinpackung.

Bei sehr feuchtem Ton-, Letten-, Lehm- oder Mergelgrund kann durch Einschlagen von Klaubsteinen in die Fundamentsohle (Fig. 3, T. 20) das Tragvermögen derselben erhöht werden. Auf diese Steinpackung soll aber womöglich zuerst eine Betonschicht aufgetragen und auf dieser erst das Fundamentmauerwerk aufgeführt werden.

Diese Art Verbesserung des Baugrundes kann nur bei leichten Bauwerken in Anwendung kommen und nur dann, wenn der Baugrund gleichmäßig ist, daher keine ungleichen Setzungen eintreten können.

## 3. Roste.

Bei Baugründen mit hohem Grundwasserstand kann die Last des Bauwerkes durch hölzerne Roste oder Pfähle auf eine breitere Fundamentbasis gleichmäßig verteilt, bezw. auf einen tragfähigeren Boden übertragen werden. Für diesen Zweck dienen Pfosten, Bohlen oder Balken, bezw. Pfähle aus Kiefern-, Lärchen-, Rotbuchen-, am besten aber aus Eichenholz. Das Holz muß jedoch beständig unter Wasser bleiben, weil es nur dann eine unbegrenzte Dauer gewährleistet.

Das Einbauen der Roste soll zur Zeit des niedrigsten Grundwassers erfolgen und muß das ganze Holzwerk mindestens 30 cm unter dem niedrigsten Wasserstand zu liegen kommen.

Je nach dem zur Verwendung gelangenden Holzmaterial und der dadurch bedingten Konstruktionsart unterscheidet man:

a) den Bohlenrost, b) den Schwellenrost und c) den Pfahl- oder Pilotenrost.

### a) Der Bohlenrost.

Bei diesem werden zirka 8 cm dicke, 20—30 cm breite, 4—5 m lange Bohlen in der Längenrichtung des Fundamentgrabens in Abständen gleich der Bohlenbreite auf die geebnete, eventuell gestampfte Fundamentsohle gelegt (Fig. 7, T. 20) oder es wird ein doppelter Bohlenbelag nach Fig. 8, T. 20, angeordnet. Die Zwischenräume werden mit Beton oder mit Steintrümmern ausgefüllt.

Besser entspricht ein doppelter Bohlenrost, bei welchem die Querbohlen auf 1·2—2 m Entfernung in die Fundamentsohle eingegraben werden und senkrecht darauf ein dicht aneinander schließender Bohlenbelag gelegt wird. Die Zusammenstöße der Bohlen müssen aber abwechselnd über die Querpfeiler zu liegen kommen. Wenn nötig, kann man beide Bohlenlagen auch mit Holznägeln verbohren.

Der Bohlenrost eignet sich nur für leichte Bauwerke und für ziemlich gleichmäßige Bodenverhältnisse.

### b) Der Schwellenrost.

(Fig. 9, T. 20.)

Dieser für schwere Bauwerke bestimmte Rost besteht aus zwei Lagen 20—30 cm starker Balken. Die Balken der unteren Lage — die Querschwellen — sind 0·60—1·50 m voneinander entfernt, die der oberen Lage — die Längsschwellen — kreuzen die unteren und sind in diese zirka 5 cm eingekämmt oder so überschritten, daß die oberen Längsschwellen ungeschwächt bleiben.

Vor dem Legen des Rostes muß der Boden geebnet werden. Die Querschwellen werden dann in den Boden horizontal eingegraben, festgestampft und darüber Längsschwellen gelegt. Die Zwischenräume zwischen den Schwellen werden am besten mit Beton ausgestampft oder ausgemauert; man kann selbe aber auch mit Schutt, Lehm, Ton usw. bis zur Oberkante der Längsschwellen ausfüllen.

Manchmal werden auch die Längsschwellen mit den Querschwellen bündig oder nur teilweise überblattet, manchmal wird ein Pfostenbelag aufgenagelt. Letztere Anordnung ist aber nicht empfehlenswert, da das Mauerwerk sich mit dem Beton oder der Steinfüllung besser verbindet als mit den Pfosten. Die Längsschwellen werden stets über einer Querschwelle gestoßen und die Stöße so verteilt, daß über einer Querschwelle nur ein Stoß zu liegen kommt. Manchmal werden nur Längsschwellen allein angeordnet und deren Zwischenräume gut ausgemauert.

Bei den Ecken wechseln die Längsschwellen mit den Querschwellen (Fig. 9 a, T. 20) so, daß bei nicht bündiger Lage der Balken die Höhenlage des Rostes in jedem der beiden Fundamente verschieden ist. Wenn der Baugrund gleichmäßig tragfähig ist, so wird man aus Ersparungsrücksichten die tiefere Rostlage für die schwächere Mauer wählen.

### c) Der Pfahl- oder Pilotenrost.

(Fig. 10, T. 20.)

Bei sehr weichem und ungleichmäßigem Baugrund kann der Bohlen- oder Schwellenrost auf Pfähle (Piloten) gesetzt werden, welche an den Kreuzungsstellen der Rosthölzer in den Boden eingetrieben (eingerammt) werden.

Die Piloten aus Eichen-, Buchen-, Lärchen- oder Föhrenholz sollen bis zu einer Länge von 4·00 m mindestens 24 cm stark sein; bei längeren Piloten soll deren Stärke für jedes weitere Längenmeter um 2·5 cm zunehmen.

Die Piloten reichen entweder bis auf den tragfähigen Boden, so daß die Last mit Hilfe der Piloten auf diesen übertragen wird, oder sie wirken nur durch die große Reibung mit dem sie umgebenden, an und für sich nicht tragfähigen Bodenmaterial.

Was die zulässige Belastung der Piloten anbelangt, muß man unterscheiden zwischen jener Belastung, welche die Pilote nach ihrer Knickfestigkeit tragen darf und jener Belastung, welche abhängig ist von der Reibung, welche die Pilote beim Eindringen in den Boden findet.

Erstere kann bei lockerem Boden und bis 7 m langen Pfählen mit 20 kg, bei festerem Boden und kürzeren Pfählen mit 40 kg pro cm<sup>2</sup> des Querschnittes angenommen werden. Dies gilt aber nur bei jenen Piloten, welche durch die nachgiebige Schichte bis in den tragfähigen Boden eingetrieben werden.

Die von der Reibung im Boden abhängige, zulässige Belastung einer Pilote wird von Fall zu Fall durch Beobachtung beim Einrammen ermittelt, wie dies später erklärt werden wird.

Im allgemeinen werden die Piloten in 0·80—1·00 *m* voneinander abstehenden Reihen, in Entfernungen von 1·00—1·30 *m* (Mitte zu Mitte) eingerammt.

Bei sehr nachgiebigem Boden können die Piloten auch näher als 1·00 *m*, selbst bis auf Entfernungen gleich der eigenen Stärke nebeneinander angeordnet werden.

Jede Pilote ist so tief in den Boden einzurammen, bis sie nach einer Hitze (20—30 Schläge) nicht mehr zieht, d. h. nur mehr wenige Millimeter in den Boden eindringt und der Rammklotz zu tanzen (zurückzuprallen) beginnt.

Auf die entsprechend eingerammten und in einer horizontalen Ebene abgesägten Piloten (Grundpfähle genannt) kann entweder ein Schwellenrost aufgezapft oder bei leichteren Bauten ein Bohlenrost ohne Verzapfung aufgelegt werden.

Bei weniger nachgiebigem Boden kann auch die Aufsetzung eines Rostes entfallen; in diesem Falle werden die Piloten etwa 30 *cm* über der Sohle abgeschnitten und wird zwischen die Piloten und etwas darüber reichend eine 0·60—1·00 *m* hohe Betonschicht eingestampft (Fig. 6, T. 20).

Wenn das Einrammen der Pfähle aus irgend einem Grunde untunlich ist, z. B. in der Nähe von Objekten, welche durch die Erschütterung beim Einrammen Schaden leiden könnten, so wird es bei geeignetem Baugrund geboten sein, Schraubenspfähle (Fig. 13, T. 19) anzuwenden, welche nicht eingerammt, sondern in den Grund eingebohrt werden. Diese Pfähle haben an ihrer Spitze eine schneckenförmige, eiserne Schraube und können entweder aus Holz, bloß mit Eisenbeschlägen, oder ganz aus Eisen und innen hohl sein. In letzterem Falle wird der Hohlraum nach dem Einschrauben mit Beton ausgefüllt.

Wäre ein seitliches Unterwaschen des Pfahl- oder auch des Schwellenrostes zu befürchten, so müßte nach Fig. 9, T. 20, eine Spundwand auf jener Seite, an der die Unterwaschung eintreten könnte, ganz unabhängig von der Rostkonstruktion hergestellt werden, welche ebenfalls mindestens 30 *cm* unter dem niedersten Wasserstand liegen muß.

#### 4. Allgemeines über Pilotierungen.

Je nach der Art und Verwendung der Pfähle oder Piloten unterscheidet man Grund- oder Rostpfähle, welche bei Fundierungen angewendet und ganz in den Boden eingetrieben werden, und Langpfähle, welche über den Boden emporragen, wie z. B. bei Brückenpfeilern. Bei Spundwänden werden die Pfähle oder Bohlen als Spundpfähle oder Bohlenpfähle bezeichnet.

Die Länge der Pfähle wird durch Sondierung und Probepiloten ermittelt, die Stärke derselben kann nach folgender Erfahrungsformel abgeleitet werden:  $d = 12 + 3 l$ , worin  $d$  den Durchmesser des Pfahles in *cm* und  $l$  die Länge desselben in *m* bezeichnet. Darnach wäre also für einen 6 *m* langen Pfahl ein Durchmesser von  $12 + 3 \times 6 = 30$  *cm* erforderlich. Unter 4 *m* lange Piloten soll man aber mindestens 24 *cm* stark machen.

Die Pfähle werden entrindet und mit dem Wipfelende nach unten in den Boden getrieben; am unteren Ende werden sie auf zwei- bis dreifache Pfahlstärke in Form einer vierseitigen Pyramide, die unten etwas abgestumpft wird, manchmal auch kegelförmig zugespitzt. Für schotterigen oder mit Wurzeln vermengten Boden werden die Spitzen mit schmiedeeisernen oder gußeisernen, 8—10 *kg* schweren Schuhen (Fig. 23 und 24, T. 19) armiert. Die schmiedeeisernen Schuhe sind widerstandsfähiger gegen Bruch, sie haben eine gestählte Spitze und werden mit vier Federn (Armen) an die Pilotenspitze festgenagelt; die Federn sind in das Holz zu versenken, damit die Reibung beim Einrammen vermindert wird.

Die Köpfe der Pfähle werden nach Fig. 21, T. 19, mit einem zirka 20/70 mm starken, eisernen Ringe versehen und die Kanten oberhalb desselben abgestumpft, damit sie durch das Schlagen der Ramme nicht aufgebürstet (zerschlagen) werden. Nach dem Eintreiben wird der Ring abgenommen. Für feldmäßige Pilotierung eignet sich besonders der englische Bandring, welcher mit zirka 60 cm langen Haken (Fig. 22, T. 19) zum Auflegen der Gerüstpfosten, auf welchen die Arbeiter stehen, versehen ist.

Wenn der Kopf von den Schlägen des Rammklotzes zu einer schwammigen Masse zusammengeschlagen ist und der dadurch gebildete Polster die Wirkung der Schläge zu sehr abschwächt, so muß man den Kopf bis zum festen Holze abschneiden und den Ring neuerdings aufpassen.

Das Einrammen der Pfähle geschieht bei schwachen Pfählen (bis 15 cm Durchmesser und 2·00—3·00 m Länge) am einfachsten mit der Handramme. Für größere Pfähle verwendet man Zug-, Kunst- oder Dampfrahmen (I. Band, T. IX).

Jede Ramme wirkt dadurch, daß der Hauptbestandteil derselben, der Rammklotz oder Bär in der Richtung des auszuführenden Schläges über den Pfahl gehoben, sodann frei auf den Kopf des Pfahles fallen gelassen wird.

Die Leistungsfähigkeit der verschiedenen Schlagwerke läßt sich am besten aus nachfolgender Tabelle erkennen, bei welcher durchaus Sandboden in Betracht genommen ist.

Gattung der Ramme	Schläge pro Minute	Bär-gewicht in kg	Hubhöhe in m	Zahl der Arbeiter	Ein-getriebene Pfahllänge pro Tag (12 Std.) in m	An-schaffungs-kosten in Kronen
Handramme . . .	30	100—120	0·60—1·00	2—4	3—6	40
Zugramme . . .	30	150—600	1·20—1·50	10—30	6—15	720
Handkunstramme .	0·5—1	600—800	2—6	4—5	9—10	1.080
Dampfkunstramme	3—6	600—800	2—6	3	35—40	4.320
Nassmythramme .	75—100	2500	0·75—1·00	5	80—110	32.400

#### a) Das Einrammen der Pfähle.

Ist die Baugrube in der entsprechenden Tiefe ausgegraben, so wird der Standort der einzelnen Piloten nach dem Rostplane mit numerierten Pflocken bezeichnet.

Leicht handliche, bis 6 m lange Piloten werden aus freier Hand aufgestellt (angesetzt). Bei schweren Piloten geschieht das Ansetzen mit Zuhilfenahme der Schlaggerüste mittels Seilen oder Ketten.

Die Schlagwerke ruhen entweder auf unterlegten Schwellen direkt auf dem Boden oder sie sind auf Bockgerüsten, die mit einer Bedielung versehen sind, aufgesetzt.

Das Einrammen beginnt mit leichten Schlägen, bis die Pilote eine Führung hat, hierauf werden die Schläge taktmäßig nacheinander gegeben; 15—30 solcher, unmittelbar aufeinander folgender Schläge nennt man eine Hitze. Nach jeder Hitze ist eine kleine Pause zu machen, damit die Leute ausruhen und die Spannungen im Boden sich wieder ausgleichen können. Das Eintreiben der Pfähle muß genau in der angegebenen Richtung geschehen, wozu jede Pilote mittels Hebeln, eventuell unter Zuhilfenahme von Seilen oder Ketten entsprechend dirigiert werden soll.

Die Hitzen werden so lange fortgesetzt, bis der Pfahl nicht mehr zieht, d. h. bis er entweder gar nicht mehr oder nach jeder Hitze nur mehr einige mm eindringt und der Rammklotz zu tanzen (zurückzuprallen) beginnt.

Hierauf gibt man noch 2—3 Hitzten ab und läßt dann den Pfahl ruhen. Man hat beobachtet, daß vollständig eingerammte Piloten bei neuerlichem, nach einigen Tagen vorgenommenem Rammen wieder „ziehen“, welcher Umstand von dem Nachlassen der beim Rammen erzeugten Spannungen im Baugrunde herrührt. Bei wichtigen Bauten muß daher nach einigen Tagen, eventuell öfters nachgeschlagen werden.

Reicht der Rammbar nicht bis auf die Pilote herab, so bedient man sich eines kurzen, eichenen Pilotenstückes als Verlängerung, auf das dann die Schläge geführt werden. Dieses Pilotenstück — Aufsetzer oder Rammknecht genannt — steckt mit einem Dorn in einer entsprechenden Bohrung der Pilote und trägt oben den Armierungsring.

Schlecht gehende Piloten müssen herausgezogen werden; dies geschieht entweder mit einem Wuchtbäum hebelartig (Fig. 26, T. 19) oder bequemer mittels starken Wagenwinden (Fig. 25, T. 19). Bei letzterer Art steckt man auf die Pilote einen eisernen Ring, der mittels Klammern festgehalten wird und setzt zwei oder vier Winden an, mit denen man gleichzeitig arbeitet.

#### b) Bestimmung der Tragfähigkeit der Piloten.

Die Tragfähigkeit jener Piloten, die nicht bis zur tragfähigen Schichte hinabreichen, sondern durch die Reibung zur Wirksamkeit kommen, welche sie beim Eindringen in den Boden finden, muß durch Schlagen von Probepiloten ermittelt werden. Auf Grund dieser Erprobung und der ermittelten Gesamtlast des Bauobjektes wird sodann die Anzahl der notwendigen Piloten bestimmt.

Bedeutet  $Q$  das Gewicht des Rammklotzes in  $kg$ ,  $q$  das Gewicht der Pilote in  $kg$ ,  $h$  die Fallhöhe des Bärs in  $m$  und  $e$  die Eindringungstiefe der letzten Hitze in  $m$ , so läßt sich die Tragfähigkeit  $T$  durch folgende Formel bestimmen:

$$T = \frac{1}{4} \cdot \frac{h \cdot Q^2 \cdot q}{e \cdot (Q + q)^2}, \text{ wobei vierfache Sicherheit genommen ist.}$$

Wäre z. B.  $Q = 500$ , der Pilotendurchmesser  $d = 0.30 m$  und die Länge der Pilote  $= 5.00 m$ , ferner  $h = 1.50 m$  und  $e = 0.004 m$ , so würde sich hieraus vorerst unter Zugrundelegung eines Gewichtes des Holzes per  $m^3 = 800 kg$  ergeben:

$$\begin{aligned} q &= \frac{\pi d^2}{4} \times 5 \times 800 \\ &= \frac{3.14 \times 0.30^2}{4} \times 5 \times 800 = 282 kg \end{aligned}$$

und somit

$$T = \frac{1}{4} \cdot \frac{1.50 \times 500^2 \times 282}{0.004 \cdot (500 + 282)^2} = 10.800 kg = 10.8 t.$$

Die so berechnete Tragfähigkeit darf aber nicht die der Knickfestigkeit der Pilote entsprechende Belastung, d. i. bei mehr als  $4 m$  langen Piloten  $20 kg$  pro  $cm^2$ , überschreiten. Dies ist hier der Fall, denn  $\frac{\pi \cdot 30^2}{4} \cdot 20 = 14.120 kg$ .

Wäre z. B. die Konstruktionslast eines Gebäudes  $= 12.500 t$ , die Nutzlast  $= 7350 t$ , somit die Gesamtlast  $= 19.850 t$  und es seien  $0.30 m$  starke Piloten zur Verfügung, welche die oben berechnete Tragfähigkeit besäßen, so braucht man im ganzen  $\frac{19.850 t}{10.8} = \text{rund } 1840 \text{ Stück Piloten.}$

## 5. Betonpfähle System Strauss.

(Fig. 15, 16, 17, T. 20.)

Dieses ausgezeichnete System besteht im allgemeinen darin, daß man ein eisernes Leitrohr auf dem Wege des gewöhnlichen Bohrverfahrens und Herausbefördern des Bohrgutes entweder bis zur Tiefe des tragfähigen Bodens oder nach Erfordernis auf eine gewisse Tiefe in den Boden versenkt, das Bohrloch unter beständigem Heben des Leitrohres schichtenweise mit Stampfbeton ausfüllt und diesen derart feststampft, daß er das Bohrloch je nach der Dichte des Bodens mehr oder weniger erweitert (Fig. 17, T. 20). Dadurch wird nicht nur der Boden verdichtet, sondern auch zwischen diesen und Betonpfahl eine derart raue Fläche geschaffen, daß der Pfahl durch die Reibung mit dem anschließenden Boden imstande ist, eine ganz bedeutende Last auf diesen zu übertragen. Bei schotterigem Boden wird die Reibung zwischen diesem und den Pfahlwänden noch dadurch vermehrt, daß die meisten an den Pfahl anschließenden Steine vom weichen Beton gebunden werden, und bei Erhärtung des Betons an diesen festhaften. Man kann auf diese Weise den Betonpfahl mit Leichtigkeit auf jede beliebige Tiefe ausführen. Ökonomischerweise wird man dort, wo der tragfähige Baugrund nicht zu tief liegt, den Pfahl bis zu diesem hinabreichen lassen, bei bedeutenden Tiefen aber die Last des Bauwerkes durch die Reibung auf den anschließenden Boden übertragen. In diesem Falle kann die notwendige Tiefe des Pfahles, wie bei Holzpfählen erläutert wurde, berechnet werden, woraus aber eine bedeutend größere Sicherheit wie bei Holzpfählen sich ergeben wird.

Die Ausführung des Pfahles erfolgt gleich nach beendigter Bohrung (Fig. 15 und 16, T. 20). Das Bohrgerüste mit der Verrohrung dient zugleich auch zum Aufhängen und Betätigen einer Büchse mit Bodenklappe zum Einbringen des Betons und des Betonstößels (Fig. 17, T. 20). Sobald eine Schichte Beton in das Rohr eingebracht ist, wird das Rohr unter gleichzeitigem energischem Stößeln des Betons um ein geringes in die Höhe gezogen, worauf der gestampfte Beton über den unteren Rand der Verrohrung hinaustritt und bei fortgesetzten Stößeln den ihn umgebenden Boden verdrängt und verdichtet.

Bei diesem Vorgang bildet sich, wie die Erfahrung zeigt, selbst in festeren Bodenschichten immer ein beträchtlich dickerer Pfahl als dem Durchmesser der Verrohrung entsprechen würde. Sobald die Komprimierung des Bodens und damit auch die Verdichtung des Betons selbst ihre Grenze erreicht haben, wird neuer Beton nachgefüllt und gestößelt, das Leitrohr hiebei abermals ein wenig hochgezogen und der oben beschriebene Vorgang wiederholt, bis allmählich das ganze Rohr hochgezogen und der Pfahl betoniert ist. Das Rohr wird jeweilig nur so hoch gezogen, daß auch nach vollzogener Stößelung im Rohr noch ein wenig Beton ansteht.

Es ergibt sich aus dieser Herstellungsweise eigentlich von selbst, daß der Beton in weicheren Bodenschichten sich mehr ausbreiten wird als in härteren, da letztere sich weniger zusammendrücken und verdrängen lassen. Infolgedessen bildet der Strauss-Pfahl eine Art Differenzialpfahl, da er sich in seiner Stärke den Härte- oder Weichheitsgraden der verschiedenen Bodenschichten anpaßt. Sein Querschnitt wechselt somit von Schicht zu Schicht, es bilden sich regelrechte Knoten in den weicheren Bodenschichten, und zwar sind die Verdickungen umgekehrt proportional den Dichtigkeitsgraden der Bodenschichten an den betreffenden Stellen.

Es ist klar, daß jeder Knoten, jede Verdickung, mit einem Worte die ganze Außenfläche des Pfahles mit ihrer großen Rauigkeit eine bedeutend größere Lastübertragung gewährleistet als Holzpfähle, außerdem ist es bei Betonpfählen ganz gleichgültig, ob sie über oder im Grundwasser zur Ausführung gelangen.

Die Eignung der Betonpfähle nach System Strauss zur Dichtung des Bodens oder zur Erreichung tragfähiger Schichten bei Gründungen ist daher über jeden Zweifel erhaben. Die Ausführung übernimmt für Österreich-Ungarn die Firma Rella & Neffe in Wien.

## 6. Sandschüttung.

(Fig. 11, T. 20.)

Sandschüttungen sind nur dann zweckentsprechend, wenn kein seitliches Ausweichen und keine Unterspülung derselben vom Wasser zu befürchten und der Baugrund ein gleichmäßiger, stark zusammendrückbarer Boden ist. Die Sandschüttung soll mindestens 75 cm hoch sein und aus grobem, reschem Sande bestehen. Mit der Höhe der Sandschüttung nimmt deren Tragfähigkeit im allgemeinen zu. Eine 2 m hohe Sandschüttung kann mit 2—3 kg per cm<sup>2</sup> belastet werden.

Der Druck, welchen die auf die Oberfläche der Sandschüttung aufgesetzte Mauer auf die Sandschüttung selbst ausübt, verpflanzt sich infolge der Reibung der einzelnen Sandkörner nach seitwärts auf die anschließenden Sandkörner und nach abwärts auf eine mit der Tiefe der Schüttung stets wachsende Fundamentbasis. Die Begrenzungslinie dieser Druckübertragung fällt ungefähr mit einer Böschungslinie von 2 : 1 zusammen. Die Fundamentbasis *B* (Fig. 11, T. 20) ist also gleich der Mauerbreite *b* mehr 2 × der halben Höhe der Sandschüttung *h*, also  $B = b + 2 \cdot \frac{h}{2} = b + h$ .

Macht man die Schüttung breiter, so wird ein Teil des Sandes nicht mehr zur Druckübertragung ausgenützt und man hat unnützerweise die Fundamentaushebung zu breit gemacht. Bleibt man aber unter diesem Maße, so wird die druckverteilende Eigenschaft des Sandes bei schlechtem Baugrunde nicht voll ausgenützt.

Zur Ausführung wird der etwas befeuchtete Sand auf die geebnete Sohle in 15—30 cm hohen Schichten lagenweise eingebracht und etwas gestampft.

Beim Stampfen sollen schwächere Bretter, auf welchen die Arbeiter stehen, auf die Sandschüttung gelegt werden, damit die Schüttung nicht durch direktes Betreten wieder gelockert werde.

Die fertige Sandschüttung wird „eingeschlemmt“, d. h. so lange mit Wasser begossen, bis sie vollkommen gesättigt ist; das Wasser wird dann an der tiefst gelegenen Stelle der Baugrube, dem sogenannten Sumpf, wo es zusammenläuft, wieder ausgepumpt. Durch das Einschlemmen wird eine vollständige Setzung und dichte Lagerung der Sandschüttung erzielt, es soll daher stets zur Anwendung kommen. Nach dem Einschlemmen soll die Sandschüttung durch zirka eine Woche mit Fundamentsteinen provisorisch belastet werden, wodurch eine weitere Setzung erreicht wird. Vor Aufmauern des Mauerwerkes kann die oberste Schichte durch Aufgießen von Kalkmilch gedichtet werden; besser ist aber die Auftragung einer 15—30 cm hohen Betonschichte (Fig. 11, T. 20).

Die Sandschüttung kann auch in der Weise ausgeführt werden, daß bis zum festen Grunde Schächte ausgehoben, diese mit Sand gefüllt und oben mit einer durchlaufenden Sandschichte in Verbindung gebracht werden. Man hat auch Pfähle eingerammt, diese herausgezogen und die Hohlräume sodann mit Sand ausgefüllt (Sandpfähle, Fig. 12, T. 20). Im letzteren Falle wird der Boden durch das Einrammen der Pfähle verdichtet und in diesem Zustande durch das nachherige Einfüllen von Sand erhalten.

## 7. Betonbettung.

(Fig. 5, T. 20.)

Diese in neuester Zeit vielfach gebräuchliche Fundierungsart ist geeignet, alle besprochenen, zumeist sehr kostspieligen Roste in ökonomischer und zweckentsprechender Weise zu ersetzen. Ein ganz bedeutender Vorteil liegt darin, daß die Fundamentsohle nicht wie bei den Rosten unter dem niedersten Grundwasser liegen muß.

Eine 0.50—1 m hohe Betonschichte genügt für nicht allzu schwere Bauwerke.

Die Druckverteilung in einer Betonplatte erfolgt im allgemeinen unter einem Winkel von  $45^{\circ}$  nach abwärts. Es kann sonach der Übergang zur notwendigen Breite der Fundamentsohle unter 1:1 erfolgen, weswegen Betonfundamente im allgemeinen weniger hoch und massiv ausfallen als solche aus anderem Mauerwerk (Fig. 5, T. 20).

Bei schweren Bauwerken und geringer Tragfähigkeit des Baugrundes kann zur Verdichtung des Bodens unter der Betonschichte auch eine Pilotierung ausgeführt werden, wie dies bei der Rotunde der Wiener Weltausstellung geschah und in Fig. 6, T. 20, dargestellt erscheint.

Der Beton wird in 10—20 cm hohen Schichten in die geebnete Baugrube eingebracht und lagenweise festgestampft. Ist die Sohle der Baugrube unter Wasser, so muß dieses zuerst ausgepumpt werden. Bei großem Wasserandrang kann auch der Beton als Gußbeton mittels entsprechend weiten Röhren, welche bis zur Sohle hinabreichen, in das Wasser versenkt werden. In fließendem Wasser muß die Baugrube durch Spundwände abgeschlossen werden.

Unter Wasser oder im nassen Boden ist nur Portlandzement zu verwenden, während im trockenen Boden auch die Verwendung von Romanzement genügt.

Bei Anwendung von Portlandzement wird das Mischungsverhältnis je nach der notwendigen Härte des Betons 1:3:5 bis 1:4:8 genügen (siehe Betonierungen). Bei trockenem Baugrunde hat man noch geringere Mischungsverhältnisse mit den besten Erfolgen angewendet.

An der adriatischen Küste verwendet man für Wasserbauten mit Vorteil folgende Mischung:  $3\frac{1}{2}$  Teile Santorinerde, 1 Teil gelöschten Kalk.  $3\frac{1}{2}$  Teile Schlägelschotter.

## 8. Fundierung auf massiven Pfeilern und auf Erdbögen.

(Fig. 13 und 14, T. 20.)

Die Fundierung auf Pfeilern empfiehlt sich, wenn fester, tragfähiger Boden mit nicht zu mächtigen, weichen Schichten überlagert ist. Solche Grundpfeiler (zumeist in Bruchsteinmauerwerk ausgeführt) bringt man unter den am meisten belasteten Konstruktionsteilen, in Entfernungen von 3·00—4·00 m (Mitte zu Mitte) an und verbindet sie oben mit starken Gewölbgurten, auf welchen sodann die Mauern der oberen Geschosse ruhen. Die Pfeiler reichen unbedingt bis auf den festen Grund und erhalten die erforderliche Verstärkung (Verbreiterung der Basis). Die Pfeiler müssen so stark gemacht werden, daß in ihnen die Maximalbelastung für die betreffende Mauerwerksgattung nicht überschritten wird. Die Fundamentverstärkung (Verbreiterung) muß nach der größten zulässigen Beanspruchung der betreffenden Bodengattung ermittelt werden. Die Ausführung geschieht derart, daß man für die einzelnen Pfeiler bis zum tragfähigen Boden Schächte aushebt, deren Wände entsprechend böltzt und dann die Mauerung unter sukzessiver Entfernung der nicht mehr notwendigen Bölzung ausführt, gleichzeitig aber auch zwischen Erdwand und Mauerung Erde feststampft.

Bei weichem, mit Wasseradern durchzogenem oder sumpfigem Baugrund können die Pfeiler auch mittels Senkbrunnen hergestellt werden (siehe Brunnenarbeiten), wenn der tragfähige Baugrund nicht allzu tief liegt. Die fertigen Senkbrunnen werden mit Beton oder Mauerwerk ausgefüllt und dann so wie gemauerte Pfeiler überturmt.

Ist der Baugrund trocken, aber von geringer Tragfähigkeit, so kann die Fundamentbasis dadurch vergrößert werden, daß man zwischen die Pfeiler umgekehrte Gewölbbögen, sogenannte „Erdbögen“ spannt (Fig. 14, T. 20), welchen die Aufgabe zufällt, die Belastung auf die ganze Länge des Fundamentes zu verteilen, ohne daß man die Mauerung voll auszuführen braucht. Diese Fundierungsart bezweckt also bloß eine Ersparnis an Mauerwerk.

### 9. Fundierungen im Grundwasser.

(Tafel 21.)

Sowohl bei der Ausgrabung der Fundamente als auch bei der Herstellung der Gründung selbst muß das in die Grube eventuell eingedrungene Wasser mittels Eimern u. dgl. ausgeschöpft, bei größerem Wasserandrang aber mit kräftigen Pumpen ausgepumpt werden.

#### a) Einschließen der Baugrube.

Ist der Zudrang des Grundwassers in die Baugrube ein derartiger, daß er selbst mit den kräftigsten Pumpen nicht bewältigt werden kann, so wird man die Wände der Baugrube mit einer wasserundurchlässigen Wand (Spundwand) bekleiden und diese Spundwand bis in die wasserundurchlässige Schichte einrammen (Fig. 1, T. 21). Hiedurch wird der Wasserzudrang in die Grube zum größten Teile verhindert; die durch die Fugen der Wände und durch die Grubensohle noch eindringende, geringe Wassermenge kann leicht ausgepumpt werden. Bleibt diese Spundwand zum Schutze der Gründung gegen seitliche Unterwaschungen permanent in der Baugrube, wie z. B. bei Wasserbauten, so muß sie von der Gründung vollständig getrennt sein, damit sie die Setzungen des Bauwerkes nicht beeinträchtigt.

Für Fundamenttiefen bis zu 3·5 m genügen für die Ausführung der Spundwände 10—14 cm dicke, 25—35 cm breite Bohlen (Bohlenwände), für größere Tiefen müssen Pfähle (Balken) angewendet werden (Pfahlwände).

Die Bohlenwände erhalten an den Ecken Pfähle als Verstärkung (Fig. 2, T. 21). Schwächere Bohlen werden mit der Keilspundung, stärkere auch mit der Quadratspundung oder mit eingeschobenen, eventuell harten Holzleisten miteinander verbunden (Fig. 3, T. 21). Pfähle werden bloß stumpf aneinander stoßend eingerammt; sie erhalten meist einen trapezförmigen Querschnitt (Fig. 4, T. 21) und werden beim Einrammen so gestellt, daß jeder Pfahl mit der breiteren der beiden parallelen Seiten an den vorhergehenden Pfahl anschließt.

Die Tiefe der Spund- oder Pfahlwand richtet sich nach der Bodenbeschaffenheit und nach der Mächtigkeit der wasserführenden Schichte.

Die Ausführung der Wand wird wesentlich erleichtert, wenn man die Baugrube, so weit es die Haltbarkeit des Bodens zuläßt, zuerst bis zum Grundwasserspiegel aushebt und erst dann das Einrammen beginnt. Zum Einrammen werden 20—30 Bohlen oder Pfähle nebeneinander aufgestellt, mit Zangen festgehalten und dann einzeln, anfangs mit mäßigen, dann aber mit immer kräftigeren Schlägen eingetrieben (siehe Zimmermannsarbeiten, „Spundwände“ und T. 5).

Sind die Boden- und Grundwasserverhältnisse derart, daß die Trockenlegung der Baugrube auch mittels Spundwänden nicht möglich ist und führt auch der Versuch, die Bodenentwässerung mittels Kanälen oder einer Drainageanlage zu bewirken, zu keinem günstigen Resultate, so bleibt nichts anderes übrig, als die Fundierung unter Wasser vorzunehmen.

#### b) Aushebung unter Wasser.

Bis zu 60 cm unter dem Grundwasserspiegel kann die Aushebung der Fundamentgrube noch mit der Stichschaufel, so wie im Trockenem bewirkt werden. Hiebei wird man einzelne Teile der Baugrube, z. B. eine halbe Tagesleistung rasch, wemöglich mit Ablösung, bis auf die notwendige oder erreichbare Tiefe ausheben, worauf diese Teile sich allmählich mit Wasser füllen werden. Man beginnt dann den zweiten und dritten Teil, indem man zwischen den Teilen einen etwa 50 cm breiten Damm stehen läßt, welcher erst nach Vollendung der Aushebung abgegraben wird.

Liegt die Fundamentsohle tiefer, so kann zur weiteren Aushebung, bis zu 2 m Tiefe, die Baggerschaufel (Fig. 5, T. 21) benützt werden und die Aushebung bei schmalen Gruben von den Rändern der Grube aus, bei breiten von eigenen, in der Grube herzustellenden Brücken aus bewirkt werden.

Bei größeren Tiefen der Baugrube muß man sich zur weiteren Aushebung des Sackbaggers (Fig. 6, T. 21) oder Sackbohrers (Fig. 7, T. 21) bedienen. Die Handhabung derselben erfolgt von eigens für diesen Zweck hergestellten Gerüstbrücken aus. Trifft man während des Baggerns auf größere Steine, so sucht man dieselben durch Umbaggern zu senken und läßt sie dann auf der Sohle der Grube liegen; wäre dies nicht statthaft, so müßten sie mit eisernen Rechen oder mit der Teufelsklaue (Fig. 8, T. 21) gehoben werden. Baumstämme u. dgl. müssen ebenfalls entfernt und können auf dieselbe Weise gehoben werden. Stößt man beim Baggern auf größere Wurzeln, so können diese mit dem Meißelbohrer (Fig. 9, T. 21) abgetrennt und dann, wie früher angedeutet, herausgehoben werden.

### c) Verstärken der Fundamentsohle durch Roste und Betonschüttungen.

Nach bewirkter Aushebung wird der zumeist wenig und ungleichmäßig tragfähige Baugrund verstärkt werden müssen; dies kann durch die früher beschriebenen Roste geschehen, wird heute aber größtenteils durch Betonschüttungen bewirkt.

Nachdem bei einer Verstärkung des Baugrundes durch Roste alle Holzteile mindestens 30 cm unter den niedersten Wasserstand zu legen sind, um ihren Bestand zu sichern, so muß die Baugrube jedenfalls auf die Zeit der Arbeit trockengelegt werden, weshalb auch die Einschließung der Baugrube mit Spundwänden notwendig sein wird.

Man kann in diesem Falle, bei Anwendung eines Pfahlrostes, auch die Spundwand aus Pfählen herstellen und diese statt einer gewöhnlichen Pfahlreihe zum Tragen des Bauwerkes mit verwenden. Dann müssen aber die Pfähle der Spundwand mit den übrigen Pfählen durch Zangen wenigstens teilweise verbunden werden; Bohlenwände wären für diesen Zweck zu schwach.

Durch Betonschüttungen ist eine Verstärkung der Fundamentsohle viel einfacher und billiger herzustellen, weil man die Schüttung auch unter Wasser vornehmen kann, daher die Herstellung einer Spundwand und das Auspumpen des Wassers entfällt; auch wird durch die Betonschüttung eine wasserundurchlässige Schichte hergestellt, welche der Ausführung und dem Bestand des Fundamentmauerwerkes zugute kommt.

Bei der Ausführung einer Betonschüttung unter Wasser sollen folgende Grundsätze beachtet werden:

a) Die weiche Betonmasse soll möglichst lange von der Einwirkung des Wassers geschützt, daher in geschlossenen Behältern versenkt werden.

b) Man soll möglichst große Betonmassen auf einmal versenken, weil durch das größere Gewicht eine festere Lagerung der Betonmasse stattfindet und dieselbe dichter wird.

c) Nach erfolgter Schüttung darf kein Ausgleichen oder Stampfen stattfinden, weil dadurch der Mörtel ausgespült und der Zement sich als Schlamm oben ablagern würde.

Die Einbringung der Betonmasse kann durch stückweise Schüttung mittels Betonsäcken oder Betonkästen oder durch kontinuierliche Schüttung mittels Trichtern, Röhren u. dgl. erfolgen.

Für die stückweise Schüttung mit Betonsäcken sind zylindrische, oben und unten offene Säcke, mit zirka 0,3 m<sup>3</sup> Inhalt (Fig. 10 a, T. 21) aus dichter, geteerter Leinwand gebräuchlich, die am oberen und unteren Ende mit Ringen aus Tauen versteift sind. Die untere Öffnung wird vor dem Einbringen

der Betonmasse mit einer Seilschleife (Fig. 10 *b*, T. 21) geschlossen (Fig. 10 *c*, T. 21). Durch rasches Ziehen an einer an der Schleife befestigten Leine löst sich die Schleife, wodurch sich der Boden öffnet.

Der gefüllte, an zwei über Rollen laufenden Seilen hängende Sack wird bis auf den Grund versenkt, sodann wird die Schleife durch rasches Ziehen an der betreffenden Leine unten geöffnet und der Sack wieder rasch emporgezogen; die Betonmasse bleibt natürlich am Boden liegen.

Durch entsprechende, stückweise Verschiebung der an einem Balken befestigten Rollen ist die Fortsetzung der Schüttung so zu regeln, daß jede neue Schüttung an die vorhergehende anschließt. Bei breiten Fundamentgruben können zwei oder auch mehrere Säcke nebeneinander angeordnet werden, so daß die Schüttung auf die ganze Grubenbreite auf einmal bewirkt werden kann.

Für die stückweise Schüttung mit Kästen können hölzerne oder eiserne Kästen verschiedener Größe gebraucht werden.

Hölzerne Kästen haben gewöhnlich nach Fig. 11, T. 21, einen aus zwei Klappen bestehenden Boden, welcher während des Herablassens von zwei leicht lösbaren Riegeln *r* in geschlossener Lage erhalten wird. Ist der Kasten an der richtigen Stelle bis auf den Grund versenkt, so werden durch Ziehen an zwei an den Riegeln befestigten Leinen *l* erstere geöffnet und der Kasten etwas emporgehoben, worauf sich die Klappen öffnen und die Betonmasse herausfällt.

Eiserne Kästen erhalten gewöhnlich die in Fig. 12 *a*, *b*, T. 21, dargestellte Form eines geteilten, auf beiden Seiten geschlossenen Halbzylinders. Die beiden Teile sind in der Zylinderachse drehbar miteinander verbunden. Während des Herablassens des gefüllten Kastens hängt derselbe auf zwei Seilen *s*, welche an den Achsenenden derart befestigt sind, daß der Kasten geschlossen bleibt. Hat der Kasten den Grund erreicht, so werden diese Seile gelöst, dagegen wird an einem an der Mantelfläche befestigten Seile *s*<sub>1</sub> rasch angezogen, wodurch sich beide Halbzylinderteile, wie Fig. 12 *c*, T. 21, zeigt, öffnen und die Betonmasse zu Boden fällt.

Bei den eisernen Kästen kommt die Betonmasse während der Entleerung des Kastens seitlich noch weniger mit dem Wasser in Berührung als bei Holzkästen. Bei beiden darf aber die Entleerung nicht früher erfolgen, als bis der Kasten den Grund erreicht hat.

Bei der stückweisen Schüttung darf die Versenkung in der Höhe des Wasserspiegels nur langsam bewirkt werden, damit nicht durch zu rasches Überfluten der Betonmasse der Mörtel fortgeschwemmt werde; hiedurch wird der rasche Gang der Arbeit etwas beeinträchtigt. Durch Zudecken des Betonkastens mit geteilter Leinwand, welche entsprechend befestigt und mit Gewichten an den Seiten noch beschwert wird, kann man auch diesen Übelstand größtenteils beseitigen.

Die kontinuierliche Schüttung eignet sich für schmale, langgestreckte Fundierungen mit mäßiger Wassertiefe besser als die stückweise Schüttung, sie gestattet auch einen raschen Baufortschritt und wird daher im Hochbaue häufiger angewendet.

Die Betonbehälter haben die Form von Trichtern oder umgekehrten Trichtern von quadratischem Querschnitt (Fig. 13 *a* und *b*, T. 21) und werden entweder ganz aus Eisenblech oder aus Brettern erzeugt und innen mit Eisenblech beschlagen. Die inneren Flächen des Trichters dürfen das Anhaften des Betons nicht begünstigen, weshalb Holzflächen glatt gehobelt sein müssen und bei Eisenkonstruktionen keine Nieten u. dgl. vorragen dürfen.

Der Trichter erhält bei schmalen Fundamentgruben an der unteren Seite möglichst die Breite der Grube (Fig. 15, T. 21), damit die Betonmasse beim Ausfließen aus dem Trichter möglichst direkt an die Grubenwände anschließe und nicht durcheinander geworfen werde, weil sonst ein Auswaschen des Mörtels eintreten könnte.

Bei breiteren Fundamentgruben werden zu diesem Zwecke gewöhnlich mehrere Trichter nebeneinander aufgestellt und auch gleichzeitig betrieben, wodurch die Schüttung auf die ganze Breite der Grube auf einmal erfolgen kann.

Die Trichter werden vertikal über der Fundamentsohle aufgestellt und an einem Gerüste auf Wagengestellen so befestigt, daß man sie in der Richtung der Fundamentgrube, wenn nötig aber auch senkrecht darauf verschieben kann (Fig. 15, T. 21).

Bei Beginn der Betonschüttung wird der Trichter bis auf die Grubensohle hinabgelassen und mit Betonmasse gefüllt, worauf derselbe dann langsam so hoch gehoben wird, als man die Betonschichte dick machen will. Sodann wird der Trichter am Wagengestelle befestigt und die Schüttung kontinuierlich fortgesetzt, indem man den Trichter langsam nach vorwärts bewegt, gleichzeitig aber fortwährend Betonmasse hineinschüttet, so daß der Trichter immer bis etwas über den Wasserspiegel gefüllt bleibt.

Die Schüttung soll nicht unterbrochen werden, weil sonst die Betonmasse im Trichter erhärten würde. Wenn eine Unterbrechung dennoch eintreten muß, so ist der Trichter ganz zu entleeren und dann die Arbeit wieder so zu beginnen, wie früher erklärt wurde.

Während der Schüttung muß der Trichter langsam und vorsichtig vorwärts bewegt werden, damit eine gänzliche Entleerung desselben auch bei unebener Sohle nicht erfolgen könne. Gerät man mit dem Trichter über ein größeres Loch, so ist es möglich, daß sich derselbe trotz aller Vorsicht plötzlich entleert. In diesem Falle darf aber nicht die Betonmasse einfach in den mit Wasser gefüllten Trichter geworfen werden, weil sich dadurch der Zement vollständig vom Sand und Schotter trennen würde, es muß vielmehr vor neuerlicher Füllung des Trichters das Wasser aus demselben entfernt werden. Man kann hiebei zuerst versuchen, den Trichter durch Herablassen in die noch weiche Betonmasse zu versenken, dadurch den weiteren Zufluß des Wassers abzusperren und den Inhalt auszupumpen. Sollte dies nicht gelingen, so kann in den Schüttrichter ein engerer Fülltrichter eingesteckt werden, welcher unten mit zwei Klappen geschlossen und mit Betonmasse gefüllt wird. Sobald der Fülltrichter bis zum Boden versenkt ist, öffnet man durch eine Vorrichtung mittels Zuglein die Klappen und zieht den Trichter in die Höhe, füllt aber gleichzeitig oben frische Betonmasse so lange nach, bis der Schüttrichter wieder vollgefüllt und das Wasser aus demselben verdrängt ist (Fig. 16, T. 21).

Wenn der Trichter am unteren Ende senkrecht zu seiner Achse abgeschnitten ist, so wird die Betonmasse beim Ausfließen aus demselben an den drei freiliegenden Stellen bis auf den Grund hinabkollern, dabei vom Wasser teilweise umspült und dadurch auch der Zement stellenweise ausgewaschen. Man wird daher vorteilhaft den unteren Teil des Trichters, wie in Fig. 14, T. 21, dargestellt, der Höhe der Betonschüttung entsprechend nach *a b* schräg abschneiden. Dadurch wird die Berührung der Betonmasse mit dem Wasser in engen Baugruben ganz verhindert, in breiteren Gruben aber nur an zwei Seiten teilweise ermöglicht. Auch wird die Verschiebung des Trichters durch die (in der Richtung des in der Figur angedeuteten Pfeiles) drückende Betonmasse wesentlich erleichtert.

#### d) Sandschüttungen unter Wasser.

Bei Sandschüttungen unter Wasser ist es Grundregel, daß bei eventueller Bewegung des Grundwassers die Schüttung vor einer Lockerung ihrer Lagerung oder vor einer Unterspülung durch eine entsprechend vorgelegte, dichte Spundwand geschützt werde.

Das Einbringen des Sandes in die Baugrube soll nicht mit der Schaufel, sondern in größeren Partien, z. B. mit Erdtragen, Schiebtruhen u. dgl. erfolgen. Die Schüttung muß lagenweise gestampft oder gewalzt werden, damit eine dichte

Lagerung der Sandkörner erfolge. Zum Stampfen werden Sandpracker (Fig. 17, T. 21) und zum Walzen eigene Steinwalzen verwendet, welche letztere auf der Sandschüttung mit Seilen gezogen werden.

### 10. Fundierungen in offenen Gewässern.

Bei offenen Gewässern muß derjenige Teil des Baugrundes, auf welchen die Fundierung fällt, vorerst mit einer wasserdichten Wand (Spundwand) oder mit einem Damm (Fangdamm) eingeschlossen werden. Der eingeschlossene Teil wird dann vor Beginn der Fundierungsarbeiten mit kräftigen Pumpen trocken gelegt.

In stehenden Gewässern kann die Einschließung des Baugrundes bei einem Wasserstand bis zu 1·00 *m* mit einer Spundwand oder mit einer nach Fig. 18 *a*, T. 21, hergestellten Bohlenwand erfolgen. Zur Herstellung einer vollständigen Abdichtung muß an der Außenseite der Wand eine Lehmschüttung vorgelegt werden, wie die Fig. 18 *a*, T. 21, andeutet.

In fließenden Gewässern oder bei einem Wasserstand über 1·00 *m* Tiefe müssen nach Fig. 18 *b*, T. 21, auf zirka 1·50 *m* voneinander entfernt Holzwände hergestellt werden. Zwischen beiden Wänden wird eine Lehmschüttung eingebracht.

Bei durchlässigem Boden (Schottergrund) wird eine Bohlenwand nicht genügen, weil das Wasser durch den Schotter in die Baugrube eindringen würde. In diesem Falle wird an der inneren Seite der Baugrube eine Spundwand herzustellen sein, bei welcher die Bohlen oder Pfähle bis in die wasserundurchlässige Schichte eingetrieben werden müssen.

Selbstverständlich müssen diese Fangdämme noch mindestens 50 *cm* über den höchsten Wasserstand emporragen, damit sie bei Hochwasser nicht überflutet werden.

Bei hohem Wasserstand und sehr tiefen Fundierungen (Brückenpfeilern u. dgl.) werden meistens pneumatische Fundierungen angewendet.

Die pneumatische Fundierung (siehe Fig. 19, T. 21) erfolgt mittels eiserner Kästen (Caissons) *a*, welche aus festen, durch Konsolen *c* verstärkten Blechwänden und einer aus Blechen und genieteten Trägern gebildeten Decke *d*, die das Innere der Caissons nach oben abschließt, bestehen. In die Decke ist der Förderschacht *b* eingesetzt, der ebenfalls aus Blech hergestellt ist und luftdicht an den Caisson anpaßt. Auf dem Förderschacht sitzt die Ein- und Ausschleuskammer *S*, welche gegen ersteren mittels einer Klappe  $K_1$  luftdicht verschließbar ist. Die Kammer *S* besitzt eine hermetisch verschließbare Einsteigöffnung  $\bar{O}$ , zumeist zwei Materialförderschläuche  $f_1$  und  $f_2$  und steht überdies mit einer Luftkompressionsmaschine durch das Zuleitungsrohr *r* in Verbindung. Ein Arm dieses Rohres mündet unterhalb der Klappe  $K_1$ ; mittels des Ventils  $v_1$  kann die Lufteströmung in die Schleuse *S* abgesperrt werden.

Der Caisson wird von einem festen Gerüste aus allmählich versenkt und ist in dem Maße, als derselbe sinkt, auf die Decke desselben das Mauerwerk aufzubringen, so zwar, daß das Mauern stets ober Wasser erfolgt. Hat der Caisson den Grund erreicht, so begeben sich die Arbeiter in die Schleusen-kammer, schließen die Öffnung  $\bar{O}$  und es wird nun durch *r* Luft eingepreßt, bis dieselbe alles Wasser bis zum unteren Rande der Caissonwand verdrängt hat.  $K_2$  und  $K_3$  sind hierbei geschlossen,  $K_1$  hingegen offen.

Auf einer an der Wand des Förderschlauches *b* befindlichen Leiter steigen die Arbeiter in den Caisson *a* und beginnen den Materialaushub. Die Förderung des Materials geschieht mittels eines hydraulischen Aufzuges durch den Förderschacht. Zum Auswurf des Materials ins Freie werden die Klappen  $K_2$  geöffnet, die Materialkübel in die Schläuche entleert und hierauf die Klappen  $K_2$  wieder geschlossen. Außen stehende Arbeiter öffnen nun  $K_3$ , worauf das Material herausfällt. Die Klappen  $K_3$  werden dann wieder geschlossen.

Um die durch die Preßluft fest angedrückten Klappen  $K_2$  öffnen zu können, werden die Ventile  $v_2$  geöffnet, so daß sich die Schläuche  $f$  ebenfalls mit der komprimierten Luft füllen können.

Wichtig ist der Vorgang beim Ablösen der Arbeiter. Die abzulösenden Arbeiter steigen hinauf in die Schleuse  $S$ . Ein Arbeiter hebt die Klappe  $K_1$ , während gleichzeitig das Ventil  $v_1$  geschlossen, bei einem anderen Ventil  $v_3$  die gepreßte Luft der Schleuse entweichen gelassen wird. Sobald die Luft oben dünner geworden ist, wird  $K_1$  durch die unten befindliche gespanntere Luft fest nach aufwärts gedrückt. Schließlich hat der Druck auf die Schleusentüre derart nachgelassen, daß das Öffnen derselben und das Aussteigen der Arbeiter möglich ist. Die neue Partie steigt ein,  $v_3$  wird geschlossen,  $v_1$  geöffnet und sobald die Luft in  $S$  dieselbe Pressung hat, wie die im Förderschacht  $b$ , fällt die Klappe  $K_1$  durch das eigene Gewicht herab, worauf sich die Arbeiter in den Caisson begeben können.

Das Ein- und Ausschleusen der Arbeiter muß, damit dasselbe ungefährlich verlaufe, sehr langsam vorgenommen werden.

Sobald die Ausgrabung so weit vorgeschritten ist, daß man tragfähigen Boden erreicht hat, wird der Caisson mit Beton ausgefüllt, so daß nun der ganze Pfeiler massives Mauerwerk bildet.

## VI. Deckenkonstruktionen.

Decken nennt man jene Konstruktionen, welche die Stockwerke eines Gebäudes in horizontaler Richtung voneinander trennen oder einen Raum nach oben abschließen. Man macht sie aus Holz, Stein oder Eisen oder auch aus Kombination dieser Materialien.

Bis zu einer gewissen Grenze ist es ökonomisch, die Deckenträger (Balken, Eisenträger u. dgl.) in geringen Entfernungen voneinander zu legen. Hiedurch kann deren Höhe und auch die ganze Konstruktionshöhe der Decke geringer gehalten werden, daher auch an Umfassungsmauerwerk erspart wird.

### 1. Dübel- oder Dippeldecke.

(Fig. 1, T. 22.)

Diese besteht aus unmittelbar aneinander anschließenden, quer über den einzudeckenden Raum gelegten Balken (Dippelbäumen), die durch Entzweischneiden von Rundhölzern gewonnen und behufs besseren, gegenseitigen Anschlusses an den Stoßfugen etwas behauen werden. Sie erhalten an beiden Enden ein 15 cm breites Auflager auf den Mauern, bzw. auf einem 15 cm breiten Brett (Rastlade) oder besser auf einem 12/15 cm starken, lärchenen Balken (Rastschließe), welcher gleichzeitig als Zugschließe armiert werden kann.

Dort, wo die Dippelbäume den Rauchscloten zu nahe kommen würden, müssen dieselben ausgewechselt werden. Hiezu schneidet man ihre Enden ab und legt sie auf einen Wechsel, der mit den ersten, beiderseits des Rauchsclotes normal aufruhenden Dippelbäumen durch die schiefe Anblattung mit Brüstung, überdies durch Klammern verbunden wird (Fig. 34, T. 3). Die gleiche Verbindung erhalten die ausgewechselten Dippelbäume mit dem Wechsel.

Um einen etwa auf einzelne Dippelbäume wirkenden Druck auf die anschließenden Dippelbäume zu verteilen und dadurch größere Schwingungen hintanzuhalten, werden die Bäume an den aneinander schließenden Langseiten durch eingebohrte, 2—3 cm dicke, harte Holzdübeln (Fig. 28, T. 2), welche in Zwischenräumen von 1—2 m schachbrettartig anzuordnen sind, miteinander verbunden.